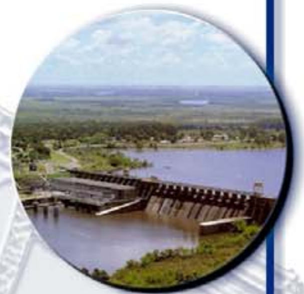
APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO NEGRO

Edición 2008









GENERACIÓN HIDRÁULICA





ADMINISTRACION NACIONAL DE USINAS Y TRASMISIONES ELECTRICAS

TABLA DE CONTENIDO

APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO NEGRO

El aprovechamiento hidroeléctrico del río Negro es una importante fuente de energía renovable del país. Forma parte del Sistema Hidrotérmico Nacional, con un potencial instalado de 593 MW, y una capacidad de generación media anual de alrededor de 3000 GWh.

A continuación se presenta una síntesis de las características de los embalses, presas y centrales de generación que componen el citado aprovechamiento hidroeléctrico.

I – GENERALIDADES

La República Oriental del Uruguay tiene una superficie terrestre de 176.215 km^2. Limita al sur con el Río de la Plata y el Océano Atlántico, al oeste con la República Argentina y al noreste con la República Federativa del Brasil.

La topografía es en general plana; con pocas elevaciones (cuchillas) entre las más importantes están la cuchilla de Haedo y la cuchilla Grande; el punto más elevado es el cerro Catedral, (513,66 msnm).

Tiene una densa red de cursos de agua siendo el río Negro el mayor de los que atraviesan su territorio.

El río Negro nace en la República Federativa del Brasil, a unos 50 km al norte de la frontera. Tiene una extensión total de 850 km y un desnivel total de 140 m, siendo sus afluentes más importantes al norte el río Tacuarembó y el arroyo Salsipuedes y al sur el río Yí y el arroyo Grande del Sur.

Desde la entrada en territorio uruguayo hasta su desembocadura en el río Uruguay, atraviesa una zona de rocas sedimentarias del paleoceno inferior. Cerca de la ciudad de San Gregorio de Polanco comienzan a aflorar rocas efusivas del cretácico inferior, las que en Rincón del Bonete tiene un espesor de 125 m bajo el lecho del río. Hacia el oeste en la confluencia con el río Yí afloran areniscas del paleoceno inferior. En la margen izquierda en la zona de cerro Navarro, unos 40 km antes de Paso del Palmar comienzan a aflorar rocas pertenecientes al basamento cristalino precambrianas, el que más adelante es cubierto por los sedimentos cretácicos desde Paso del Puerto hasta el arroyo Yapeyú, donde afloran los sedimentos pleistocénicos.

I.1 - Embalses y su relación con el medio ambiente

Uno de los usos relevantes de los cuerpos de agua superficiales es su potencial para la generación de energía mediante la construcción de embalses.

Los embalses son sistemas híbridos entre ríos y lagos y pueden definirse como un espacio donde interactuan una serie de variables ambientales y factores geográficos, de diseño, de manejo y de estrategias de uso.

Un río es un sistema de canales convergentes con gran capacidad de intercambio con el medio terrestre, estructurado básicamente a lo largo de un eje horizontal.

Un lago es una depresión cuya estructura y dinámica se da fundamentalmente en el eje vertical.

Por estas razones, la dinámica y la estructura de los embalses debe ser considerada en ambos ejes.

Los embalses regulan y retardan el flujo de agua, enlenteciendo la tasa de renovación del río del que se originan pero incrementando la que correspondería a un lago de proporciones similares. De esta manera, puede convertirse en regulador de las crecidas, reteniendo el volumen de agua entrante y liberándolo paulatinamente, evitando el riesgo de inundación en áreas bajo de la presa.

Las represas permiten utilizar el agua de manera predecible y eficiente, facilitando el desarrollo industrial y económico.

En la mayoría de los casos, los embalses son utilizados en forma conjunta para el acopio de agua ya sea para la generación de energía eléctrica, la extracción para abastecimiento de agua potable, recreación, pesca y/o acuicultura.

Debido a los requerimientos diferentes de cada una de dichas actividades en ocasiones pueden llegar a contraponerse, produciendo problemas ambientales de diversa magnitud y difícil solución.

Si bien en las últimas décadas los problemas ambientales de estos sistemas han cambiado, los más recurrentes están relacionados con el aumento de nivel trófico por el aporte de nutrientes, la pérdida de biodiversidad, la colonización de especies exóticas, el desarrollo de floraciones de microalgas y el riesgo potencial de liberación de toxinas al ambiente. De ellos, la aparición reiterada de floraciones de microalgas, algunas de cuyas especies sintetizan toxinas y compuestos aromáticos, pueden generar la pérdida de la calidad del agua, e incluso ocasionar problemas de incidencia sanitaria, condicionando fuertemente el uso de estos ambientes.

La gestión ambiental de UTE apunta al análisis periódico de la calidad del agua de sus embalses de forma de prevenir eventuales impactos negativos sobre las Centrales Hidroeléctricas, así como identificar prematuramente procesos erosivos en las márgenes de los embalses y sus tributarios, hecho que podría conducir a la disminución de la vida útil de éstos.

Dadas las características del subsuelo del Uruguay, sumado a los procesos evolutivos propios de este tipo de sistemas acuáticos, cabría esperar la ocurrencia de aguas ácidas. También contribuyen a la acidez del agua los procesos de degradación de materia orgánica, así como la acción humana en el uso directo e indirecto del recurso hídrico, originando así, aguas agresivas las que pueden producir alteraciones de las estructuras civiles y electromecánicas de las Centrales Hidroeléctricas.

La importancia de estudios de calidad de agua, radica en la obtención de información relevante a efectos de determinar el estado de salud de los embalses. Ello se logra a través de la identificación de indicadores, así como de los niveles de agresividad, lo que lleva a la determinación de las posibles causas de los problemas, a fin de poder incidir sobre éstos.

El río Negro, principal curso de agua interior del Uruguay, presenta un sistema de tres embalses (Bonete, Baygorria y Palmar) operados como un sistema en cascada, lo que no sólo es aplicable al sistema hidroeléctrico, sino también con relación al ecosistema acuático en cada uno de los embalses.

I.2 - Principales características de los embalses

Embalse / Características	BONETE (I)	BAYGORRIA (II)	PALMAR (III)
Cuenca total	40.460 km^2 (I)	44.381 km^2 (I+II)	63.219 km^2 (I+II+III)
Cuenca parcial	40.460 km^2	3.921 km^2	18.838 km^2
Superficie	1.140 km^2 (cota +80m del cero Bonete)	101 km^2 (cota +54m del cero Oficial)	318 km^2 (cota +40m del cero Oficial)
Volumen total	8.864 Hm^3 (cota +80m del cero Bonete)	570 Hm^3 (cota +54m del cero Oficial)	2.850 Hm^3 (cota +40m del cero Oficial)
Volumen efectivo de generación	6.468 Hm^3 (entre cotas +71,5 y +80m del cero Bonete)	140 Hm^3 (entre cotas +52,5 y +54m del cero Oficial)	1.050 Hm^3 (entre cotas +36 y +40m del cero Oficial)
Profundidad máxima	32 m (junto a la presa)	28 m (junto a la presa)	30 m (junto a la presa)

I.3 - Cuencas de los embalses y sus características

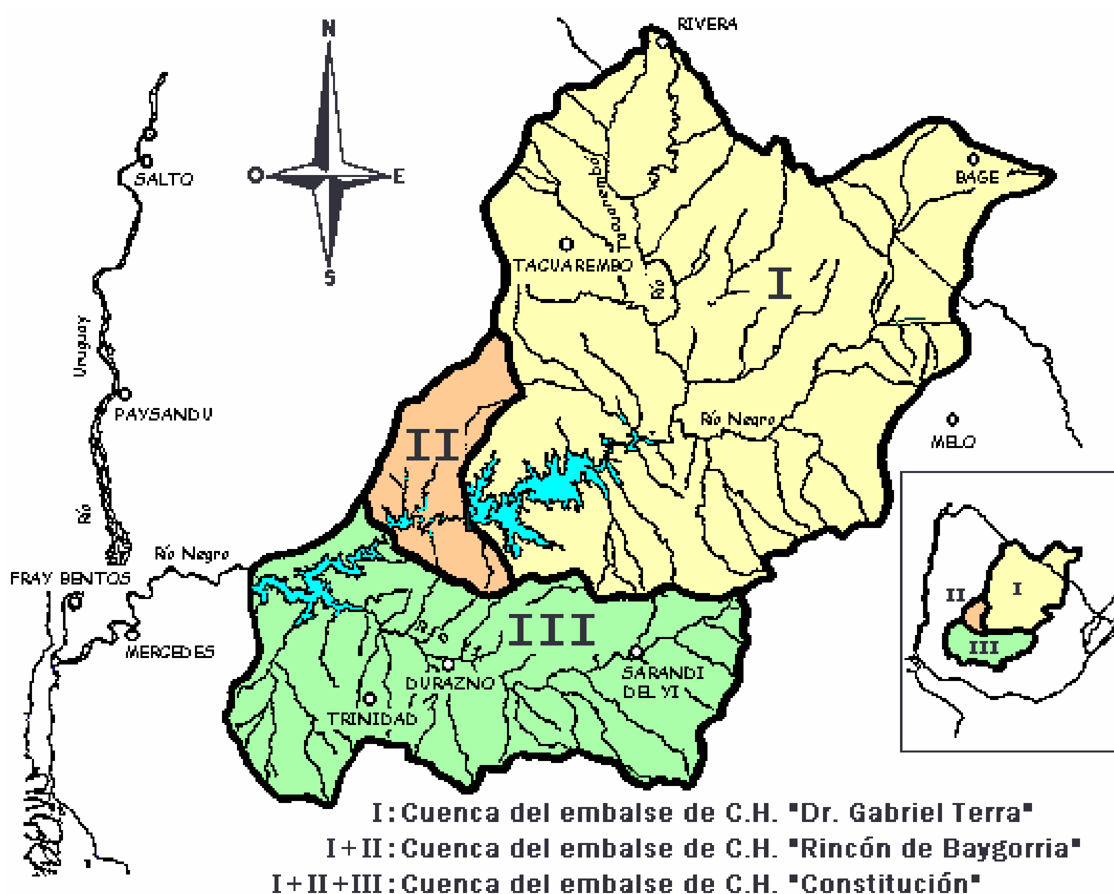
La cuenca total del río Negro es de 72.000 km^2 poco más de la tercera parte de la superficie del país, correspondiendo 3.125 km^2 a territorio de la República Federativa del Brasil.
La precipitación media anual en la cuenca del río Negro es de 1.270 mm.

Las lluvias se caracterizan por su irregularidad, corta duración y gran intensidad; notándose también la existencia de sequías muy pronunciadas, en ocasiones de duración plurianuales.

La temperatura media en los meses de verano oscila alrededor de 23ºC y en los meses de invierno alrededor de 12ºC, registrándose máximos de 43ºC y mínimo de -5ºC.

La humedad es del orden del 65% para verano y del 80% para invierno.

La velocidad media de los vientos en superficie es de 16 km/h.



I.4 - Red Hidrometeorológica

La operación del Sistema Hidroeléctrico del río Negro requiere de un adecuado conocimiento de los caudales de aporte y niveles de control, así como de los volúmenes precipitados, en las distintas subcuencas que conforman la cuenca del río Negro.

Este conocimiento, que permite planificar la oferta energética y realizar una gestión optimizada de los embalses, se basa en la calidad y cantidad de información suministrada por la Red Hidrometeorológica en servicio. Por otra parte, la operación de esta red posibilita aplicar técnicas hidrológicas actualizadas y disponer de un eficaz sistema de alerta para el manejo de crecidas.

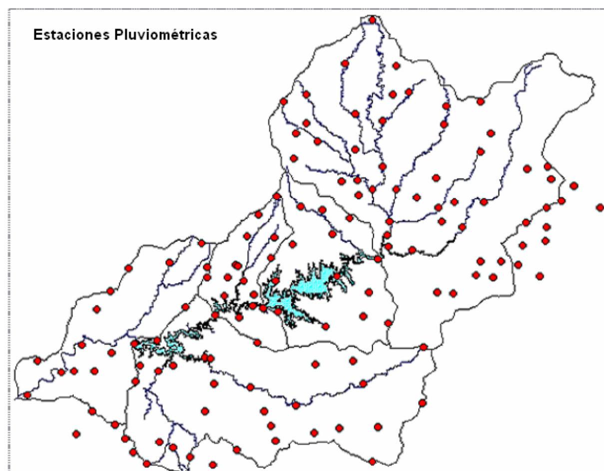
La Red Hidrometeorológica utilizada y mantenida por UTE en la cuenca del río Negro

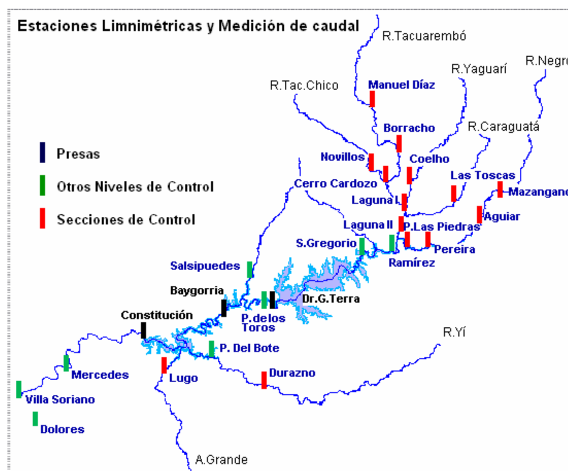
está compuesta por las siguientes estaciones de medida:

- 130 Estaciones Pluviométricas,
- 25 Estaciones Limnimétricas, y
- 19 Estaciones de Medición de Caudal (incluidas dentro de las Limnimétricas).

De acuerdo a los escurrimientos en la cuenca, con el registro diario de precipitaciones, es posible prever con antelación los aportes futuros a los embalses.

De acuerdo a la superficie y características de la cuenca involucrada y considerando la cantidad y tipo de estaciones, se ha logrado superar las densidades mínimas recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial para este tipo de redes hidrometeorológicas.

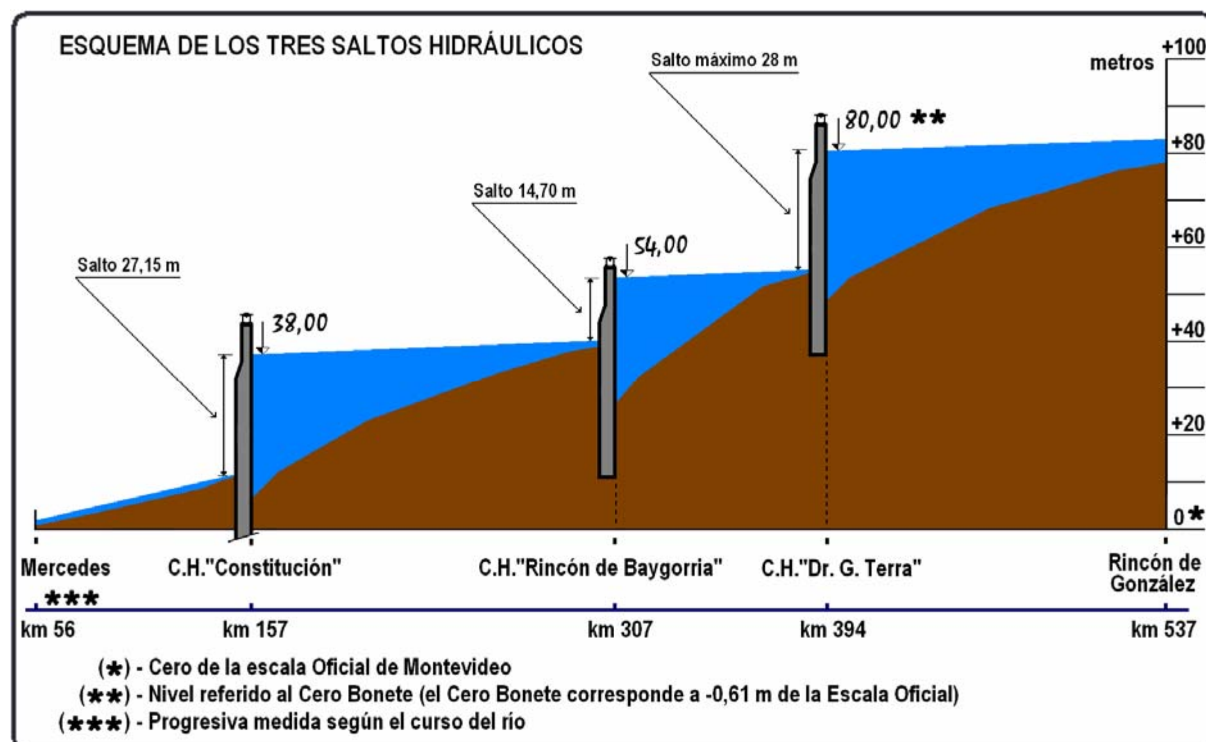




I.5 - Saltos hidráulicos de las tres Centrales Hidroeléctricas

El aprovechamiento hidro eléctrico del río Negro a partir del potencial hidráulico de su cuenca, es una de las mayores fuentes de generación de energía eléctrica renovable de la República Oriental del Uruguay.

El mismo lo integran tres saltos hidráulicos artificiales: en primer lugar la presa y Central Hidroeléctrica "Dr. Gabriel Terra", y ubicadas aguas abajo de ésta, sus similares "Rincón de Baygorria" y "Constitución".



I.6 - Ubicación geográfica y accesos

La Presa y Central Hidroeléctrica "Dr. Gabriel Terra" se ubica entre los departamentos de Durazno y Tacuarembó en el paraje denominado Rincón del Bonete, a 394 km de la desembocadura del río Negro, 22 km aguas arriba de la ciudad de Paso de los Toros, y por carretera a 269 km de la ciudad de Montevideo, 254 km por la ruta nacional N°5 y los restantes por ruta secundaria.

La Presa y Central Hidroeléctrica "Rincón de Baygorria" se ubica entre los departamentos de Durazno y Río Negro, a 307 km de la desembocadura del río Negro, y por carretera a 266 km de la ciudad de Montevideo, de los cuales 222 km por ruta nacional N° 5 y 44 km por ruta nacional N° 4.

La Presa y Central "Constitución" se ubica entre los departamentos de Soriano y Río Negro en el paraje denominado Paso del Palmar, a 157 km de la desembocadura del río Negro, y por carretera a 286 km de la ciudad de Montevideo, de los cuales 271 km son por ruta nacional N° 3 y 15 km por ruta nacional N° 55.



I I - PRESA Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA

“DR. GABRIEL TERRA”



I I - PRESA Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA "DR. GABRIEL TERRA"

I I.1 - Datos generales

Nivel de referencia: .... - 0,61 m cero Oficial

Reserva del embalse calculada entre niveles 80,00 y 71,00 m
en días de caudal medio: .... 150 días

Precipitación media anual: .... 1.190 mm

Salto: .... entre 16 y 28 m

Caudal por máquina: .... 144/168 m^3/s

Potencia total alternadores: .... 152 MW

Proyectista: .... Prof. A. Ludin

Constructor: .... Siemens-Schuckertwerke AG
.... Allgemeine ElektricitatsGesellschaft
.... J. M. Voith GmbH
.... Siemens-Bauunion GmbH
.... Compañía General de Obras Públicas
.... GEOPE, sucursal de Philips-Holzmann AG
.... S. Morgan Smith
.... General Electric NY

Años de construcción: .... 1937 - 1948

Puesta en servicio:
- Grupo I: 05/01/47
- Grupo II: 21/12/45
- Grupo III: 25/10/48
- Grupo IV: 24/12/48

Las instalaciones electromecánicas de la Central fueron objeto de renovación:

Consorcio renovación: .... Alsthom-Jeumont
.... GEC Alsthom-Neyrpic
.... SPIE Batignolles
.... SACEEM
.... GEC Alsthom-Mecánica Pesada

Años de renovación: .... 1994 - 1997

Puesta en servicio:
- Grupo I: 10/11/96
- Grupo II: 10/10/97
- Grupo III: 10/12/94
- Grupo IV: 08/12/95

II.2 - Obra Civil

Tipo: .... PG - presa de gravedad
.... CB - dique de contrafuerte
Cimentación: .... roca
Altura desde la cimentación: .... 50,8 m
Cota de coronación: .... 86,9 m

Margen izquierda:
- Dique de tierra y roca - longitud: .... 93 m
- Dique de gravedad - longitud: .... 625 m
- Dique de transición - longitud: .... 25 m
- Dique de contrafuerte - longitud: .... 62,5 m

Aliviadero - longitud: .... 162,5 m
Pilar de transición - longitud: .... 11 m
Toma de agua - longitud: .... 88 m

Margen derecha:
- Dique de contrafuerte - longitud: .... 50 m
- Dique de gravedad - longitud: .... 53,5 m

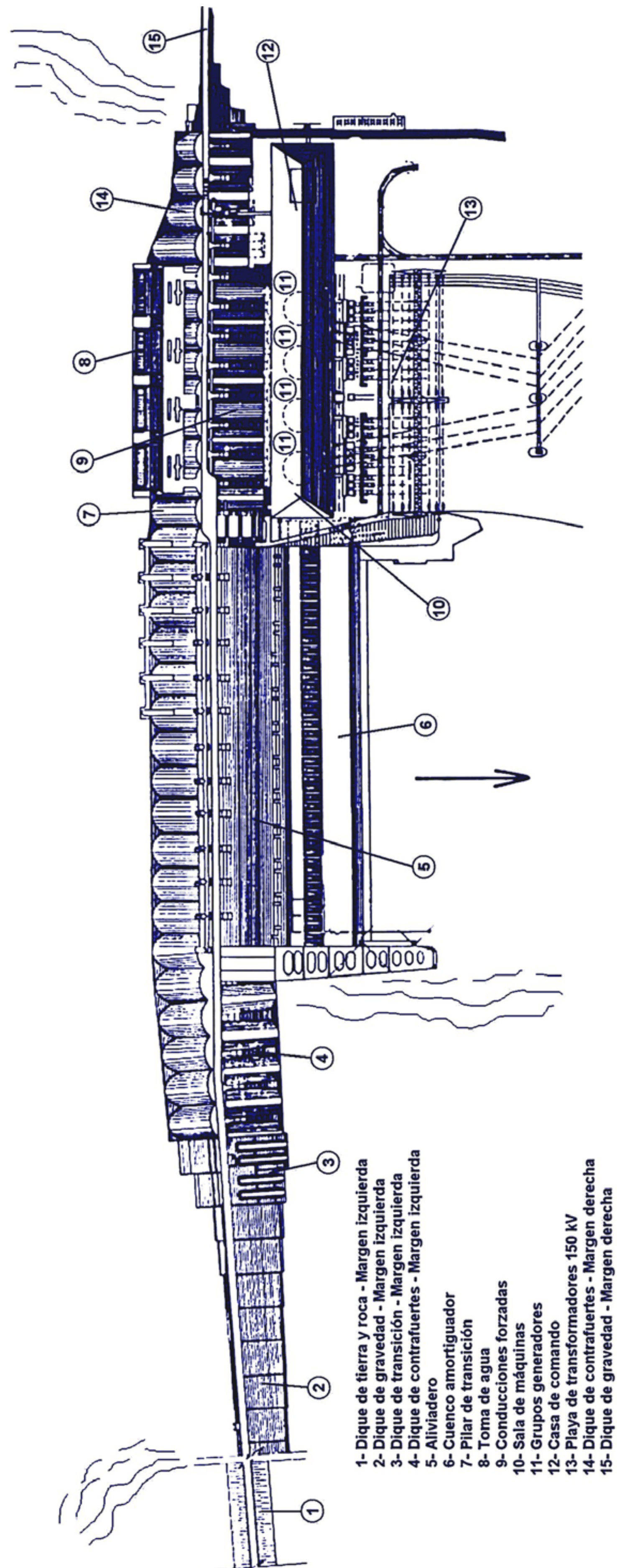
Longitud total: .... 1.170,5 m

Volumen de hormigón: .... 350.000 m^3

II.3 - Auscultación de la Obra Civil

Instrumentación geotécnica: .... cantidad de instrumentos
- Drenes de fundación: 64
- Extensómetros Norris: 4
- Péndulos: 1
- Piezómetros de fundación: 57
- Triortogonales: 30

Instrumentación geodésica: .... número de puntos de referencia
- Coronamiento de Dique: 35


1- Dique de tierra y roca - Margen izquierda
2- Dique de gravedad - Margen izquierda
3- Dique de transición - Margen izquierda
4- Dique de contrafuertes - Margen izquierda
5- Aliviadero
6- Cuenco amortiguador
7- Pilar de transición
8- Toma de agua
9- Conducciones forzadas
10- Sala de máquinas
11- Grupos generadores
12- Casa de comando
13- Playa de transformadores 150 kV
14- Dique de contrafuertes - Margen derecha
15- Dique de gravedad - Margen derecha

II.4 - Casa de Máquinas, Cierres y Grúas

Casa de máquinas

Grupos: .... cantidad 4

Potencia máxima / grupo (salto 28 m): .... 38 MW

Caudal nominal: .... 160 m^3/s

Salto máximo: .... 28 m

Velocidad de rotación: .... 125 min^{-1}

Velocidad máxima admisible de embalamiento: .... 330 min^{-1}

Cierres

Compuerta de toma:
- Tipo: .... vagón
- N° vanos/grupo: 1
- Peso de la compuerta: .... 70 t

Cierre de servicio de la toma de agua:
- Tipo: .... ataguía de troncos
- N° vanos/grupo: 1
- N° elementos/vano: 4
- Peso del cierre/vano: .... 32 t

Cierre del tubo de aspiración:
- Tipo: .... ataguía de troncos
- N° vanos/grupo: 2
- N° elementos/vano: .... 4 - operables de a dos
- Peso cierre/vano: .... 24 t

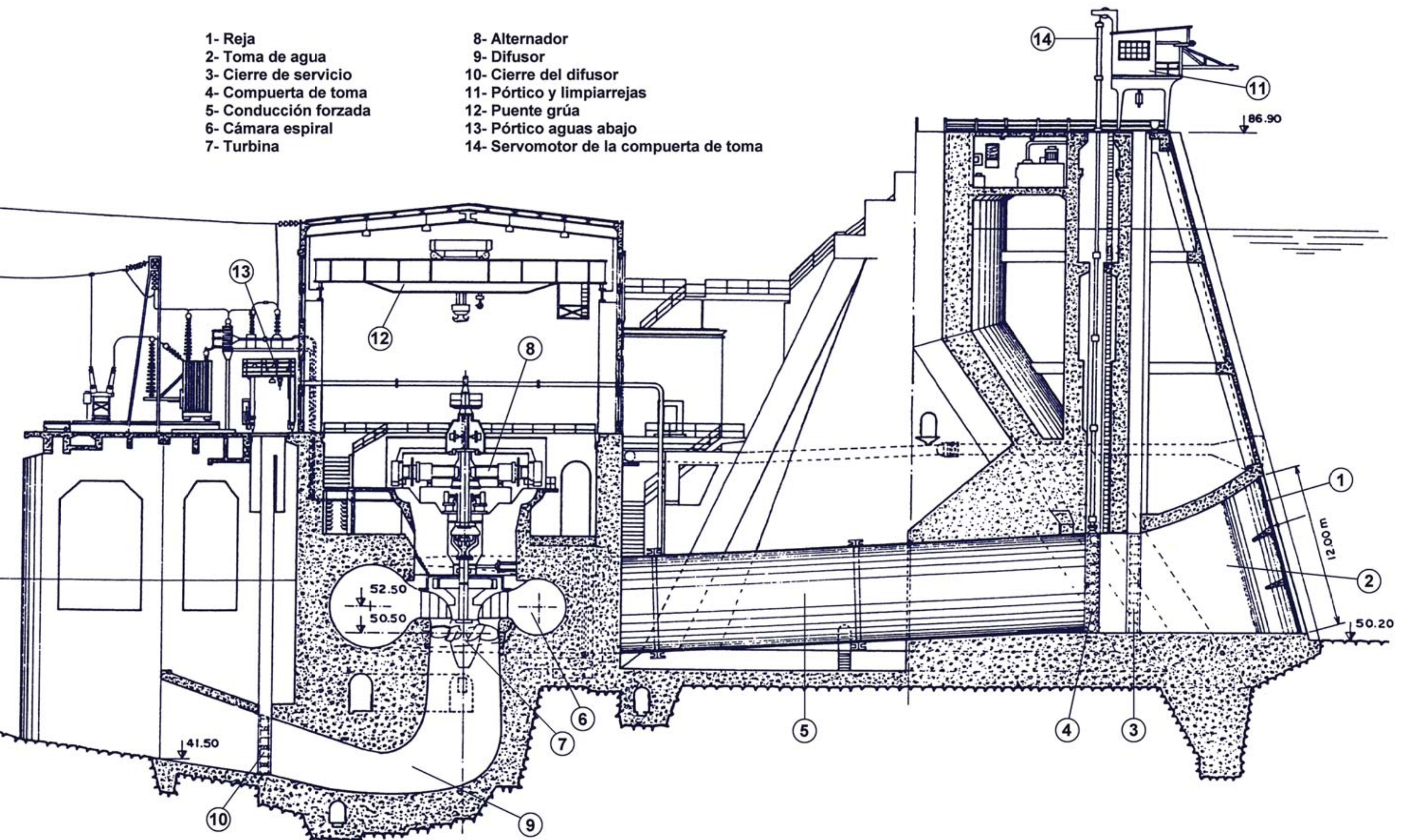
Conducción forzada:
- Diámetro: .... 7 m
- Longitud: .... 39 m

Grúas

Pórtico para manipulación y maniobra de los elementos de cierre:
- Aguas arriba:
  Cantidad: 1
  Capacidad: .... 12 t
- Aguas abajo:
  Cantidad: 1
  Capacidad: .... 15 t

Puente grúa de casa de máquinas:
- Cantidad: 2
- Capacidad: .... 25 y 130 t

Pórtico para mantenimiento de compuertas de aliviadero:
- Cantidad: 1
- Capacidad: .... 30 t


1- Reja
2- Toma de agua
3- Cierre de servicio
4- Compuerta de toma
5- Conducción forzada
6- Cámara espiral
7- Turbina
8- Alternador
9- Difusor
10- Cierre del difusor
11- Pórtico y limpiarrejas
12- Puente grúa
13- Pórtico aguas abajo
14- Servomotor de la compuerta de toma
86.90
12.00 m
50.20
52.50
50.50
41.50

II.5 - Alternador

Tipo: .... vertical ATI

Fabricante: .... ALSTHOM-JEUMONT

Potencia aparente nominal: .... 40 MVA

Factor de potencia. 0,95

Tensión nominal entre fases: .... 13,8 kV

Corriente nominal: .... 1.673 A

Frecuencia nominal: .... 50 Hz

Número de revoluciones: .... 125 min^{-1}

Número de polos: 48

Rendimiento (32 MVA - cos $\Phi = 1$): .... 98,5 %

Velocidad máxima admisible de embalamiento: .... 330 min^{-1}

Aislaciones en rotor y estator: .... clase F

Estator:
- Diámetro interno: .... 7.518 mm
- Altura núcleo: .... 965,5 mm

Eje del rotor:
- Material: .... acero forjado
- Peso: .... 40 t
- Longitud: .... 5.753 mm

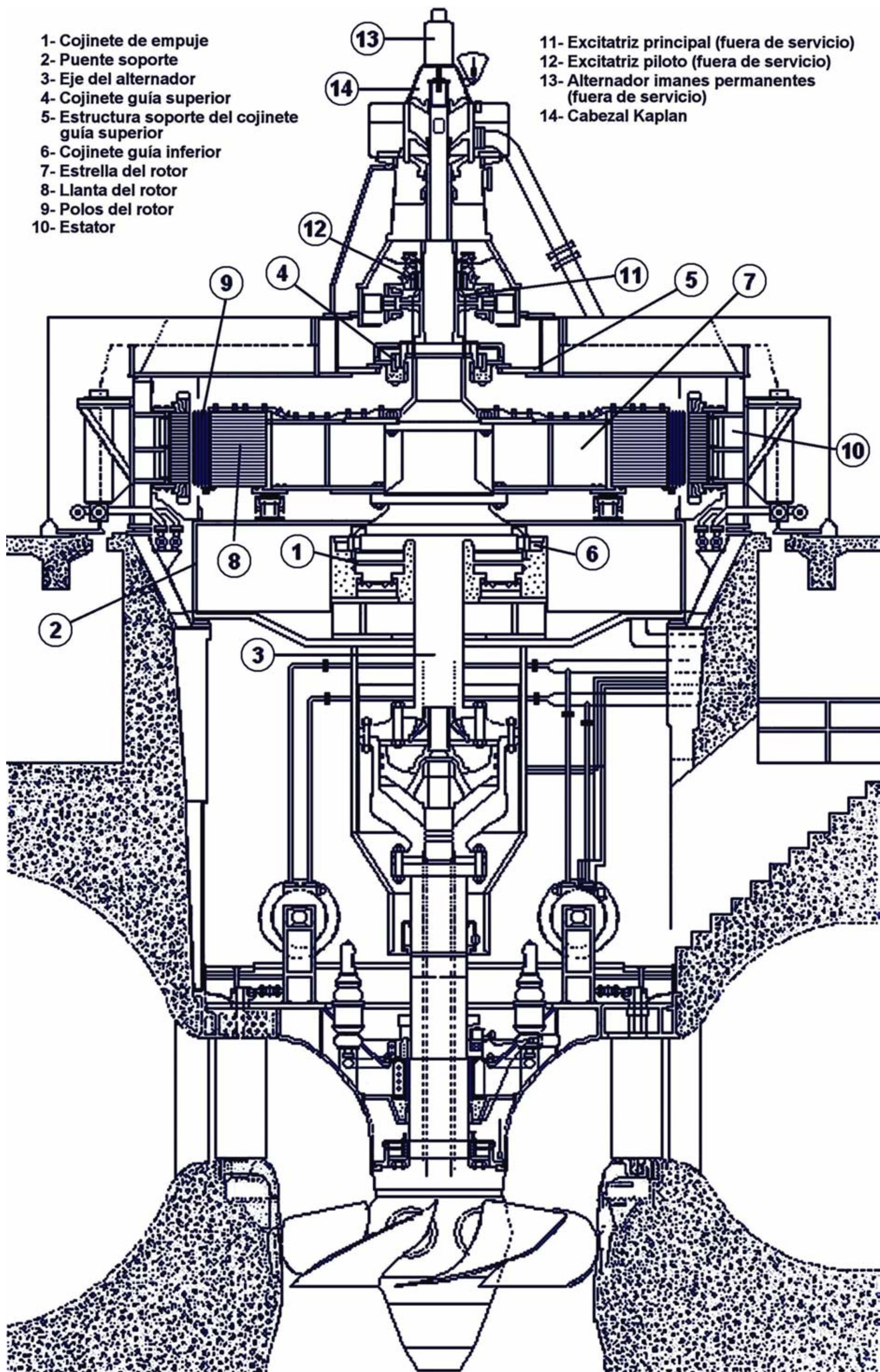
Peso del rotor: .... 206 t

Diámetro del rotor: .... 7.480 mm

Entrehierro: .... 19 mm

Cojinete de empuje:
- Material: .... metal antifricción y acero
- Tipo: .... segmentos sobre soportes hidrostáticos, pista móvil de acero, ... en dos sectores semicirculares
- Fabricante: .... NEYRPIC

Sistema de excitación: .... estático


1- Cojinete de empuje
2- Puente soporte
3- Eje del alternador
4- Cojinete guía superior
5- Estructura soporte del cojinete guía superior
6- Cojinete guía inferior
7- Estrella del rotor
8- Llanta del rotor
9- Polos del rotor
10- Estator
11- Excitatriz principal (fuera de servicio)
12- Excitatriz piloto (fuera de servicio)
13- Alternador imanes permanentes (fuera de servicio)
14- Cabezal Kaplan
13
14
12
9
4
11
5
7
10
1
6
8
2
3

II.6 - Turbina

Tipo: .... Kaplan

Fabricante: .... GEC ALSTHOM-NEYRPIC

Punto de rendimiento máximo (ensayo prototipo):
- Salto: .... 25,60 m
- Potencia: .... 27,7 MW
- Rendimiento: .... 92,3 %

Rodete:
- Diámetro: .... 4.842 mm
- Peso: .... 42 t
- Cubo:
  Material .... acero fundido
- Alabe:
  Número: 5
  Material: .... acero inoxidable 17% Cr, 7% Ni (Z5-CN-17-04M)

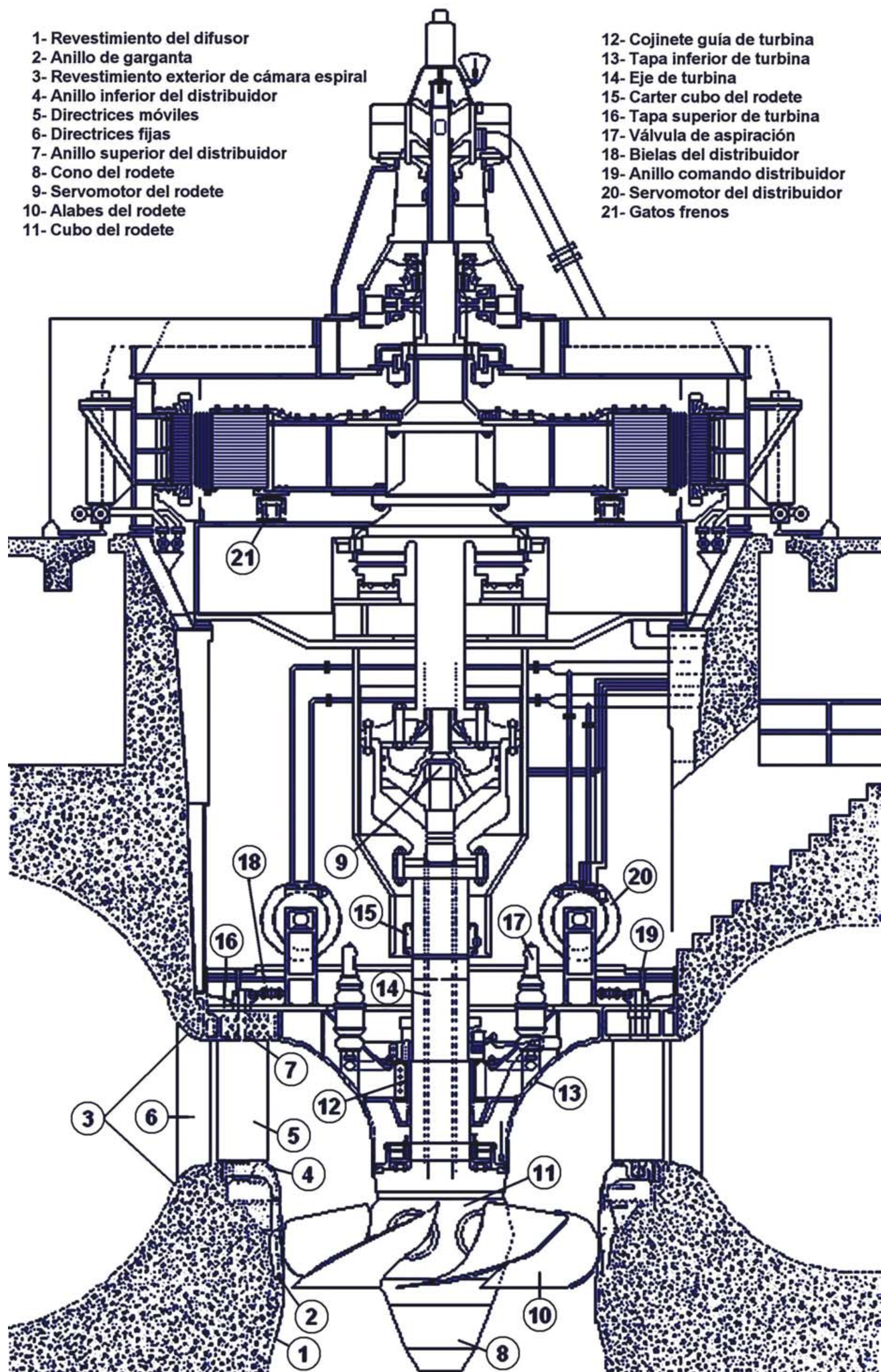
Sello del eje de turbina: .... empaquetadura de trenza de teflón sobre camisa
.... de acero inoxidable

Distribuidor:
- Diámetro: .... 6.048 mm
- Anillo inferior:
  Material: .... acero fundido
- Directrices móviles:
  Número: 24
  Material: .... acero fundido, revestido de acero inoxidable
  .... en las aristas de cierre
  Altura: .... 1.800 mm

Predistribuidor:
- Directrices fijas:
  Número: 12
  Material: .... acero fundido

Eje de turbina:
- Material: .... acero fundido
- Peso: .... 13 t
- Longitud: .... 4.751,4 mm

Sistema de regulación de velocidad:
- Tipo: .... PID electrónico-hidráulico
- Fabricante: .... Woodward Governor Co.
- Renovado por: ....GEC ALSTHOM-NEYRPIC
- Aceite: .... hidráulico
- Presión máxima del circuito oleo-hidráulico: .... 2,06 Mpa
- Capacidad de aceite: .... 12.000 lts


1- Revestimiento del difusor
2- Anillo de garganta
3- Revestimiento exterior de cámara espiral
4- Anillo inferior del distribuidor
5- Directrices móviles
6- Directrices fijas
7- Anillo superior del distribuidor
8- Cono del rodete
9- Servomotor del rodete
10- Alabes del rodete
11- Cubo del rodete
12- Cojinete guía de turbina
13- Tapa inferior de turbina
14- Eje de turbina
15- Carter cubo del rodete
16- Tapa superior de turbina
17- Válvula de aspiración
18- Bielas del distribuidor
19- Anillo comando distribuidor
20- Servomotor del distribuidor
21- Gatos frenos
21
18
9
20
15
17
19
16
14
7
12
13
3
6
5
4
11
2
10
1
8

II.7 - Interruptor de Máquina

Marca: .... AREVA

Año de fabricación: 2004

Tipo: .... Hexafloruro de azufre

Tensión nominal: .... 170 kV

Corriente de servicio continuo: .... 1.250 A

Poder de corte en cortocircuito: .... 40 kA

Presión de llenado: .... 6,8 bar (a 20°C - 1.013 hPa)

II.8 - Transformador

Marca: .... Powels

Año de fabricación:

- Unidades generadoras 1, 2 y 4: 1992
- Unidad generadora 3: 1982

Tipo: .... Trifásico

Grupo de conexión: YNd5

Potencia nominal: .... 36 MW

Relación de transformación: .... 165/13,8 kV

Variación de la relación: .... +/-2*2,5 %

Tensión de cortocircuito:

- Unidades generadoras 1, 2 y 4: .... 11,8 %
- Unidad generadora 3: .... 12,1 %

Refrigeración: .... OFAF

II.9 - Aliviadero

Longitud: .... 162,5 m

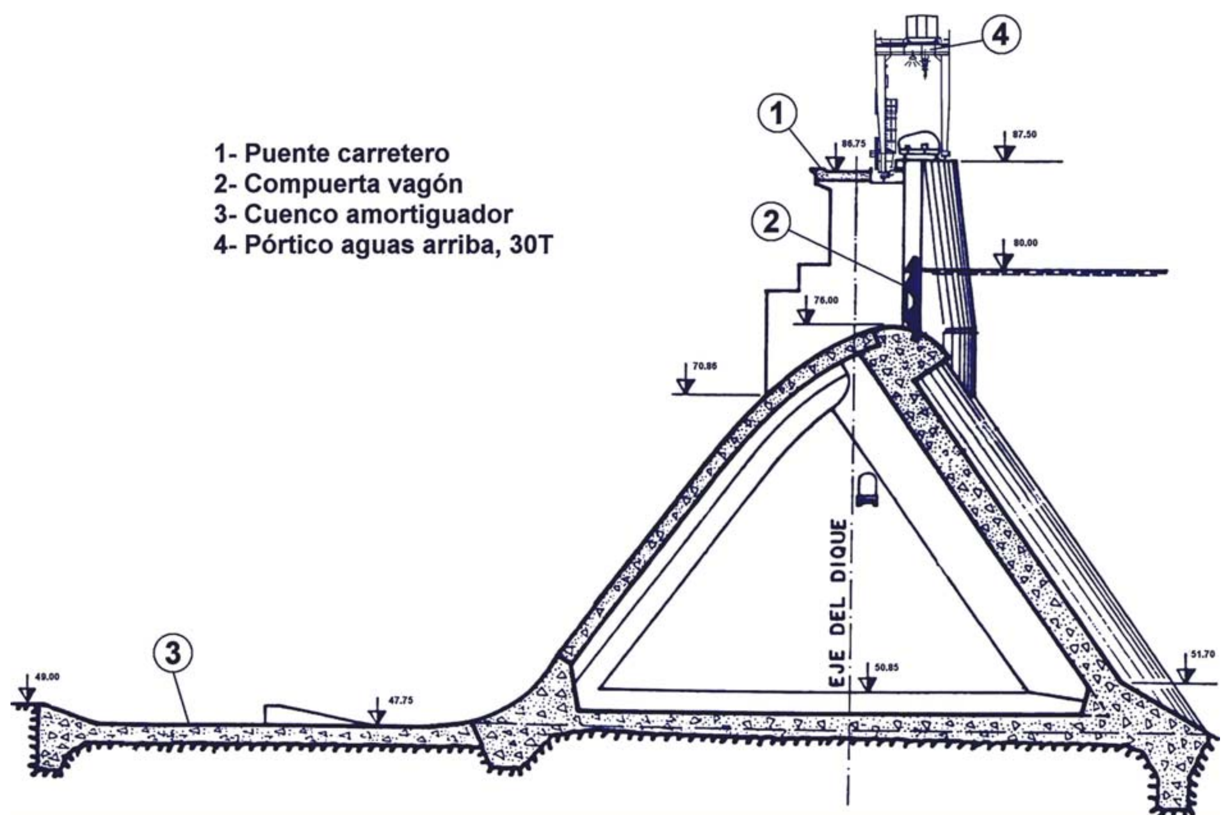
Número de vanos: 12

Tipo de cierre: .... compuertas planas tipo vagón

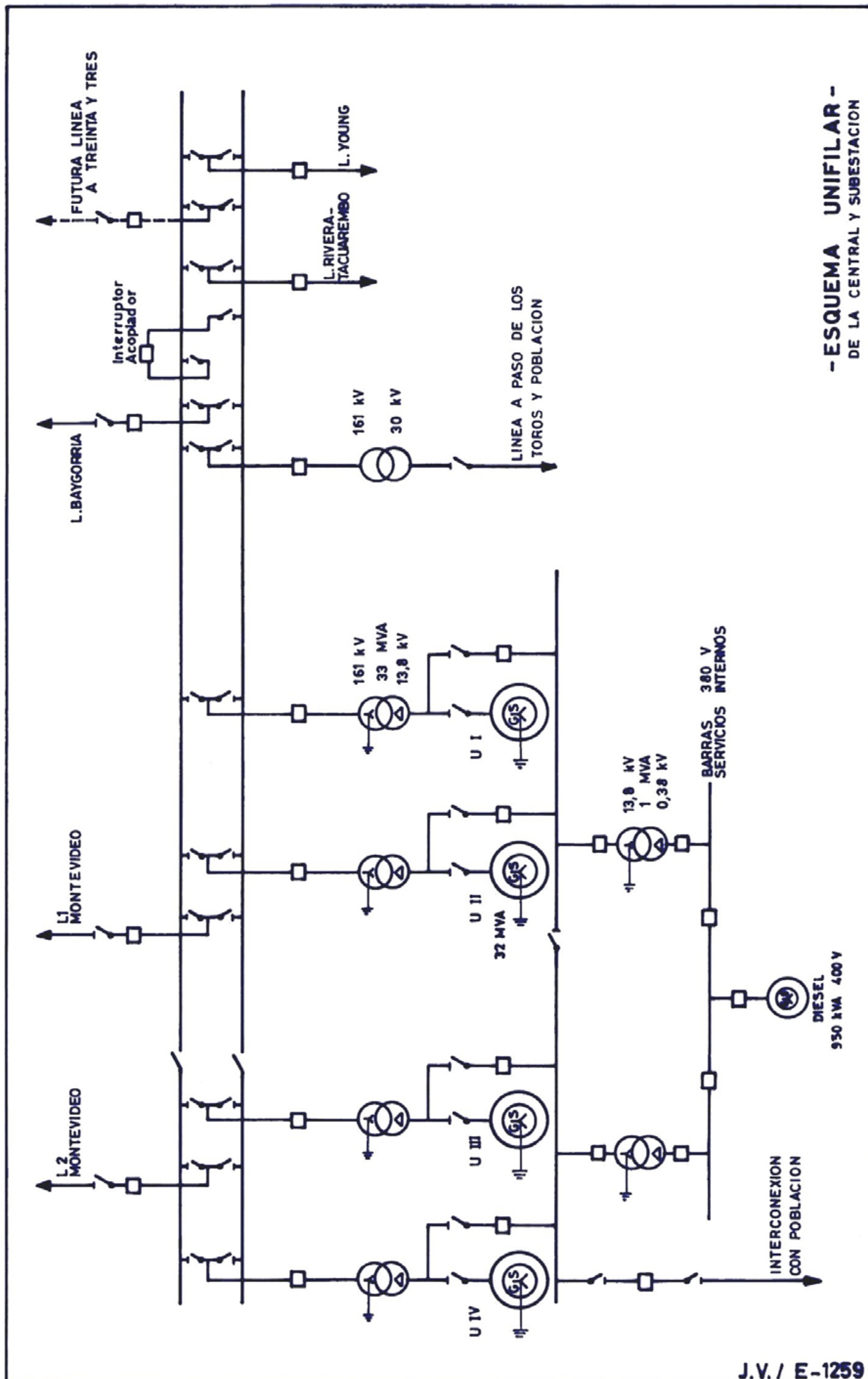
Dimensiones del tablero:

- Altura: .... 5 m
- Luz: .... 10,5 m

Descarga máxima de agua: .... 7.600 m^3/s



II.10 - Esquema Eléctrico



III - PRESA Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA

“RINCÓN DE BAYGORRIA”



I I I - PRESA Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA "RINCÓN DE BAYGORRIA"

I I I.1 - Datos generales

Reserva del embalse calculada entre niveles 54,00 y 52,50 m
en días de caudal medio: . ... 2,8 días

Precipitación media anual: .... 1.185 mm

Salto neto: .... 14,7 m

Caudal nominal por máquina: .... 276 m^3/s

Potencia total alternadores: .... 108 MW

Proyectista: .... Prof. A. Ludin

Constructor: .... Siemens-Schuckertwerke AG

.... Siemens-Bauunion GmbH

.... Philips-Holzmann AG

.... Grün & Bilfinger AG

Años de construcción: .... 1956 - 1960

Puesta en servicio:

- Grupo I: 08/10/60
- Grupo II: 20/08/60
- Grupo III: 22/06/60

III.2 - Obra civil

Tipo: .... PG - presa de gravedad

Cimentación: .... roca

Altura desde la cimentación: .... 45,5 m

Cota de coronación: .... 56 m

Margen izquierda:

- Dique de tierra y roca - longitud: .... 215 m

Casa de máquinas - longitud: .... 141,6 m

Aliviadero - longitud: .... 146 m

Margen derecha:

- Dique de gravedad - longitud: .... 85 m
- Dique de tierra - longitud: .... 120 m

Longitud total: .... 707,6 m

Volumen de hormigón: .... 250.000 m^3

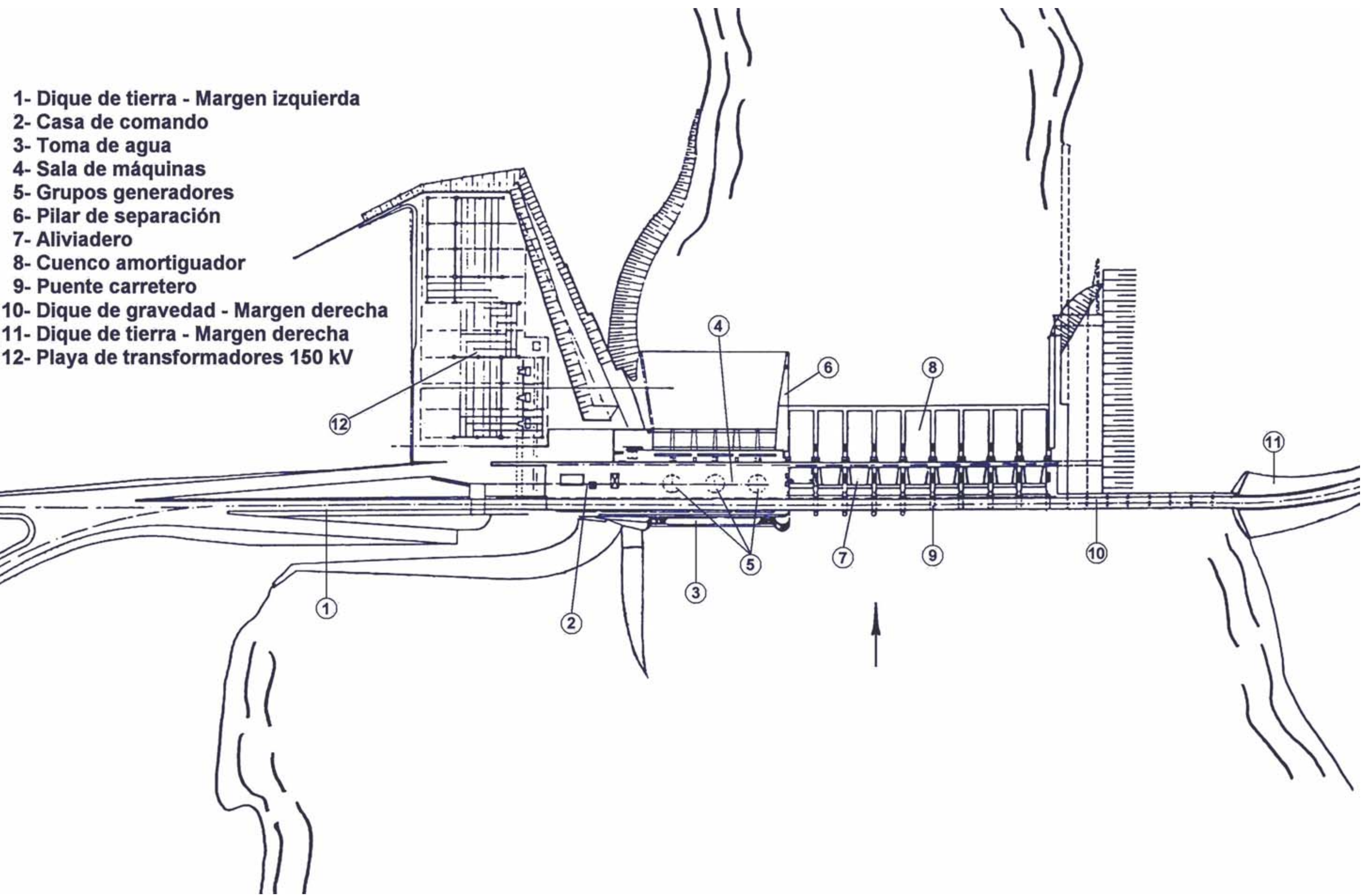
III.3 - Auscultación de la Obra Civil

Instrumentación geotécnica: .... cantidad de instrumentos

- Clinómetros verticales: 12
- Extensómetros de barra: 24
- Extensómetros Norris: 26
- Péndulos: 2
- Triortogonales: 8
- Distometer Zona sumergida:.. 24

Instrumentación geodésica: .... número de puntos de referencia

- Sala de máquinas: 20
- Pasillo de control: 30


1- Dique de tierra - Margen izquierda
2- Casa de comando
3- Toma de agua
4- Sala de máquinas
5- Grupos generadores
6- Pilar de separación
7- Aliviadero
8- Cuenco amortiguador
9- Puente carretero
10- Dique de gravedad - Margen derecha
11- Dique de tierra - Margen derecha
12- Playa de transformadores 150 kV
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

III.4 - Casa de Máquinas, Cierres y Grúas

Casa de máquinas

Grupos: .... cantidad 3

Potencia máxima / grupo (salto 14,7 m): .... 36 MW

Caudal nominal: .... 276 m^3/s

Salto nominal: .... 14,7 m

Velocidad de rotación: .... 79 min^{-1}

Velocidad máxima admisible de embalamiento: .... 260 min^{-1}

Cierres

Cierre de emergencia y de servicio de la toma de agua:

- Tipo: .... combinación de tableros de rodillo y deslizante
- N° vanos/grupo: 2
- N° tableros/vano:
  - de rodillos: 1
  - deslizantes: 2
- Peso del cierre/vano: .... 44 t

Cierre del tubo de aspiración:

- Tipo: .... tablero deslizante
- N° vanos/grupo: 2
- N° tableros/vano: 1
- Peso cierre/vano: .... 20 t

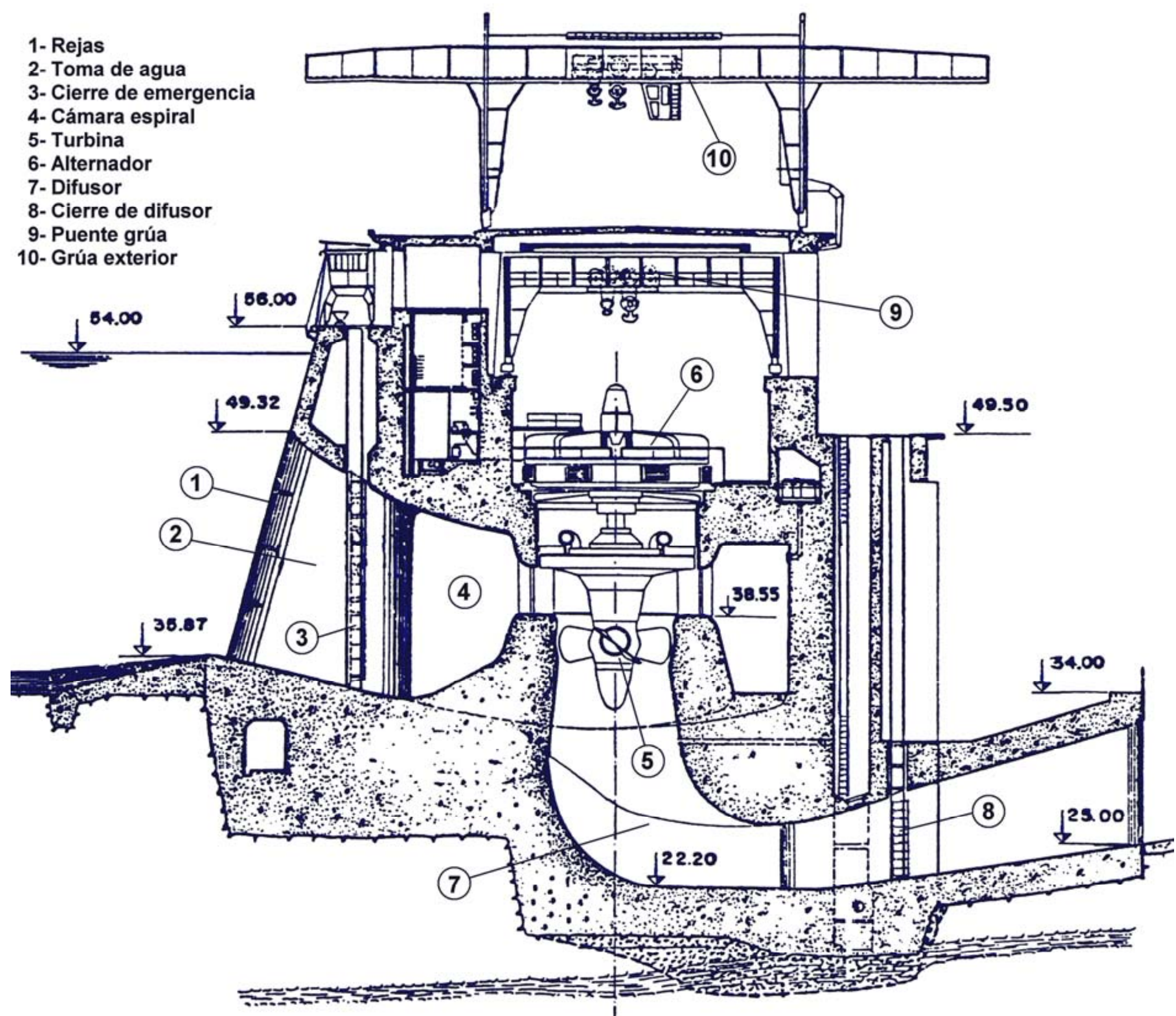
Grúas

Puente grúa de casa de máquinas:

- Cantidad: 2
- Capacidad: .... 10 y 85 t

Grúa exterior:

- Cantidad: 1
- Capacidad: .... 8 y 50 t


1- Rejas
2- Toma de agua
3- Cierre de emergencia
4- Cámara espiral
5- Turbina
6- Alternador
7- Difusor
8- Cierre de difusor
9- Puente grúa
10- Grúa exterior
54.00
56.00
49.32
35.87
49.50
38.55
34.00
25.00
22.20
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

III.5 - Alternador

Tipo: .... SPFL 780/40-76

Fabricante: .... Siemens-Schuckertwerke AG

Potencia nominal: .... 36 MVA

Factor de potencia: 0,95

Tensión nominal entre fases: .... 7 kV

Corriente nominal: .... 2.970 A

Frecuencia nominal: .... 50 Hz

Número de revoluciones: .... 78,95 min^{-1}

Número de polos: 76

Rendimiento (36 MVA - cos Φ = 1): .... 97,4 %

Velocidad máxima admisible de embalamiento: .... 260 min^{-1}

Aislaciones en rotor y estator: .... clase B estandar ASA

Estator:
- Diámetro interior: .... 9.250 mm
- Altura núcleo: .... 1.500 mm

Eje del rotor:
- Material: .... SM S.T. 1555
- Peso: .... 30,8 t
- Longitud: .... 5.550 mm

Peso del rotor: .... 215,7 t

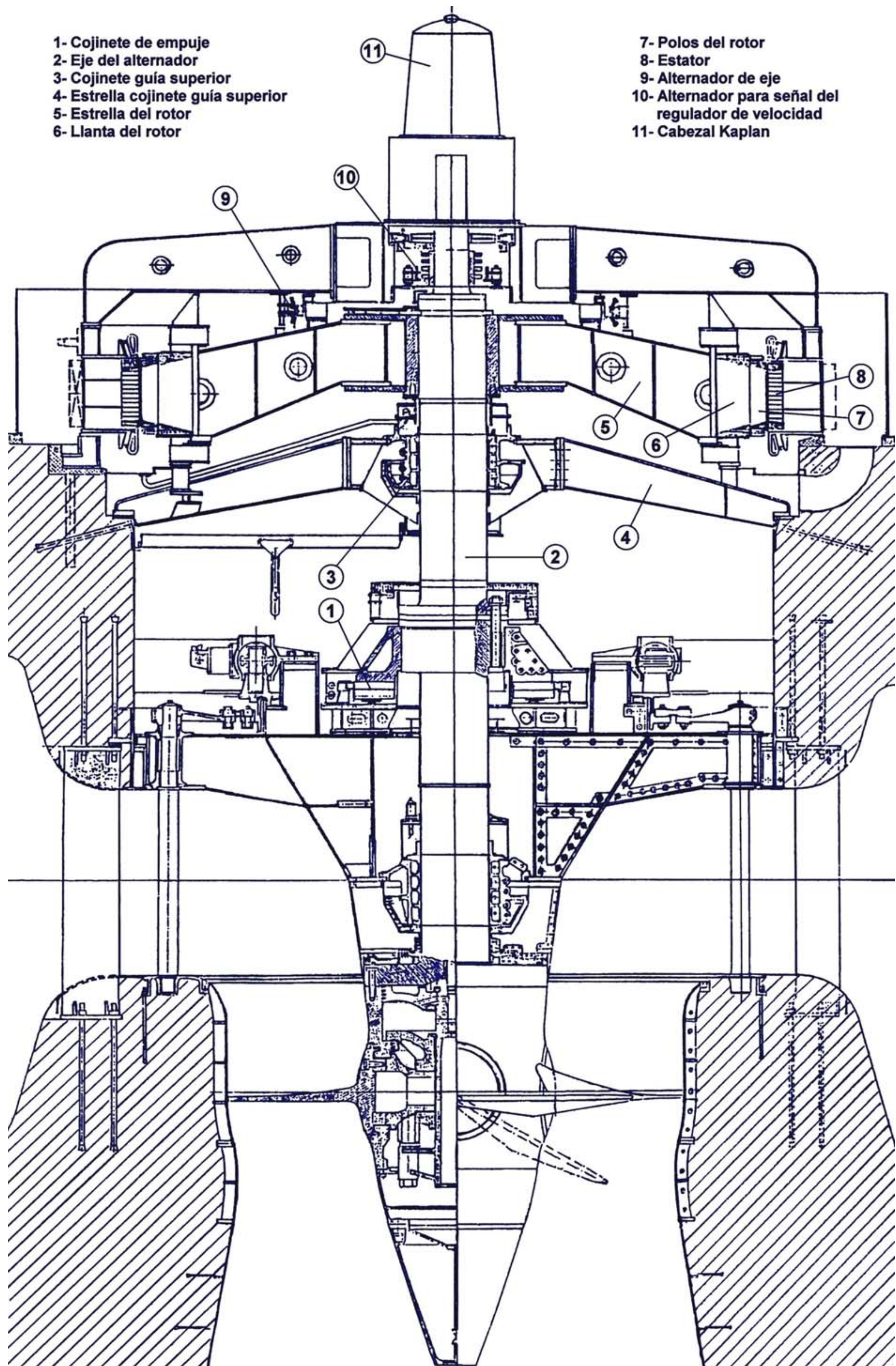
Diámetro del rotor: .... 9.224 mm

Entrehierro: .... 13 mm

Cojinete de empuje:
- Material: .... metal antifricción
- Tipo: .... autolubricado
- Fabricante: .... Siemens-Schuckertwerke AG

Sistema de excitación del alternador principal:
- Tipo: .... rotativo G334/31-6
- Fabricante: .... Siemens-Schuckertwerke AG

Regulación de tensión:
- Tipo: .... oleo-hidráulico
- Fabricante: .... Siemens-Schuckertwerke AG


1- Cojinete de empuje
2- Eje del alternador
3- Cojinete guía superior
4- Estrella cojinete guía superior
5- Estrella del rotor
6- Llanta del rotor
7- Polos del rotor
8- Estator
9- Alternador de eje
10- Alternador para señal del regulador de velocidad
11- Cabezal Kaplan
11
10
9
8
7
5
6
4
2
3
1

III.6 - Turbina

Tipo: .... Kaplan

Fabricante: .... N.O.H.A.B.

Punto de rendimiento máximo (ensayo en prototipo):
- Salto: .... 14,50 m
- Potencia: .... 27.000 kW
- Rendimiento: .... 92 %

Rodete:
- Diámetro: .... 6.700 mm
- Peso: .... 108 t
- Cubo:
  Material: .... acero ST 1505
- Alabes:
  Número: 4
  Material: .... acero inoxidable 13% de cromo

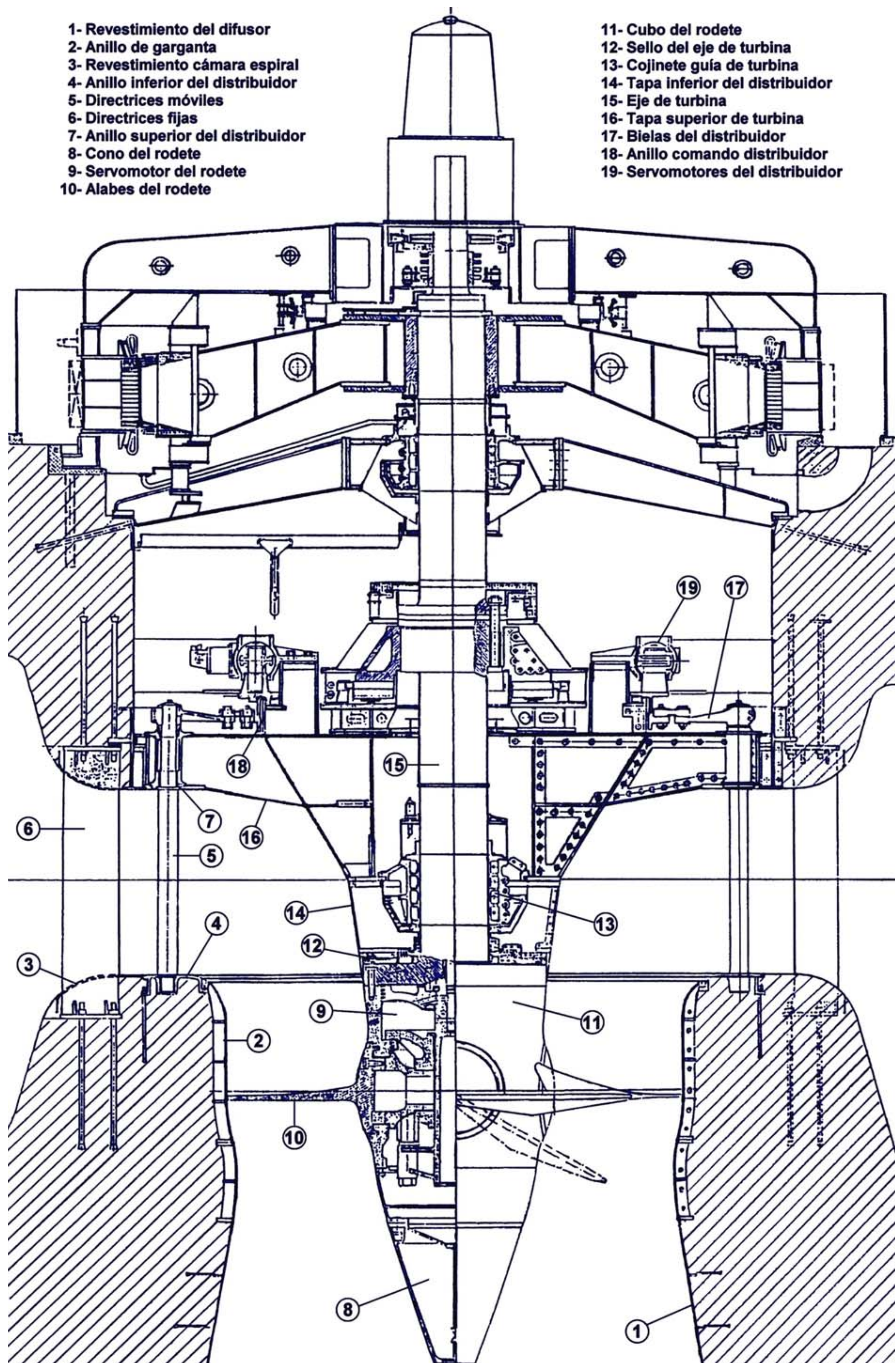
Sello del eje de turbina: .... sello mecánico de carbón

Distribuidor:
- Diámetro: .... 8.400 mm
- Anillo superior:
  Material: .... ST 37
- Anillo inferior:
  Material: .... acero ASTM A 572 Gr.50 mecano-soldado
- Directrices móviles:
  Número: 24
  Material: .... ST 1505
  Altura: .... 2.700 mm

Predistribuidor:
- Directrices fijas:
  Número: 12
  Material: .... ST 37

Eje de turbina:
- Material: .... SM ST 1555
- Peso: .... 68 t
- Longitud: .... 4.800 mm

Sistema de regulación de velocidad:
- Tipo: .... taquimétrico mecánico-hidráulico
- Fabricante: .... N.O.H.A.B.
- Presión del circuito oleo-hidráulico:
  Normal: .... 2 MPa
  Cierre de emergencia: .... 2,8 MPa
- Capacidad de aceite: .... 24.150 lts


1- Revestimiento del difusor
2- Anillo de garganta
3- Revestimiento cámara espiral
4- Anillo inferior del distribuidor
5- Directrices móviles
6- Directrices fijas
7- Anillo superior del distribuidor
8- Cono del rodete
9- Servomotor del rodete
10- Alabes del rodete
11- Cubo del rodete
12- Sello del eje de turbina
13- Cojinete guía de turbina
14- Tapa inferior del distribuidor
15- Eje de turbina
16- Tapa superior de turbina
17- Bielas del distribuidor
18- Anillo comando distribuidor
19- Servomotores del distribuidor

III.7 - Interruptor de Máquina

Marca: .... ABB

Año de fabricación: 1991

Tipo: .... Hexafloruro de azufre

Tensión nominal: .... 170 kV

Poder de corte en cortocircuito: .... 40 kA

Componente de corriente continua: .... 53 %

Volumen por polo: .... 95 lts

Presión de llenado: .... 7,9 bar (a 20°C - 1.013 hPa)

III.8 - Transformador

Marca:
- Unidades generadoras 1 y 2: .... Siemens
- Unidad generadora 3: .... Strömberg

Año de fabricación:
- Unidades generadoras 1 y 2: 1958
- Unidad generadora 3: 1989

Tipo: .... Trifásico

Grupo de conexión: YNd5

Potencia nominal: .... 36 MW

Relación de transformación: .... 165/7,0 kV

Variación de la relación: .... +/-2*2,5 %

Tensión de cortocircuito:
- Unidades generadoras 1 y 2: .... 10,6 %
- Unidad generadora 3: .... 10,4 %

Refrigeración:
- Unidades generadoras 1 y 2: .... OFWF
- Unidad generadora 3: .... OFAF

III.9 - Aliviadero

Longitud: .... 146 m

Número de vanos: 9

Tipo de cierre: .... compuerta radial (8) y compuerta radial con clapeta (1)

Dimensiones del tablero:

- Altura: .... 11,5 m
- Luz: .... 14 m

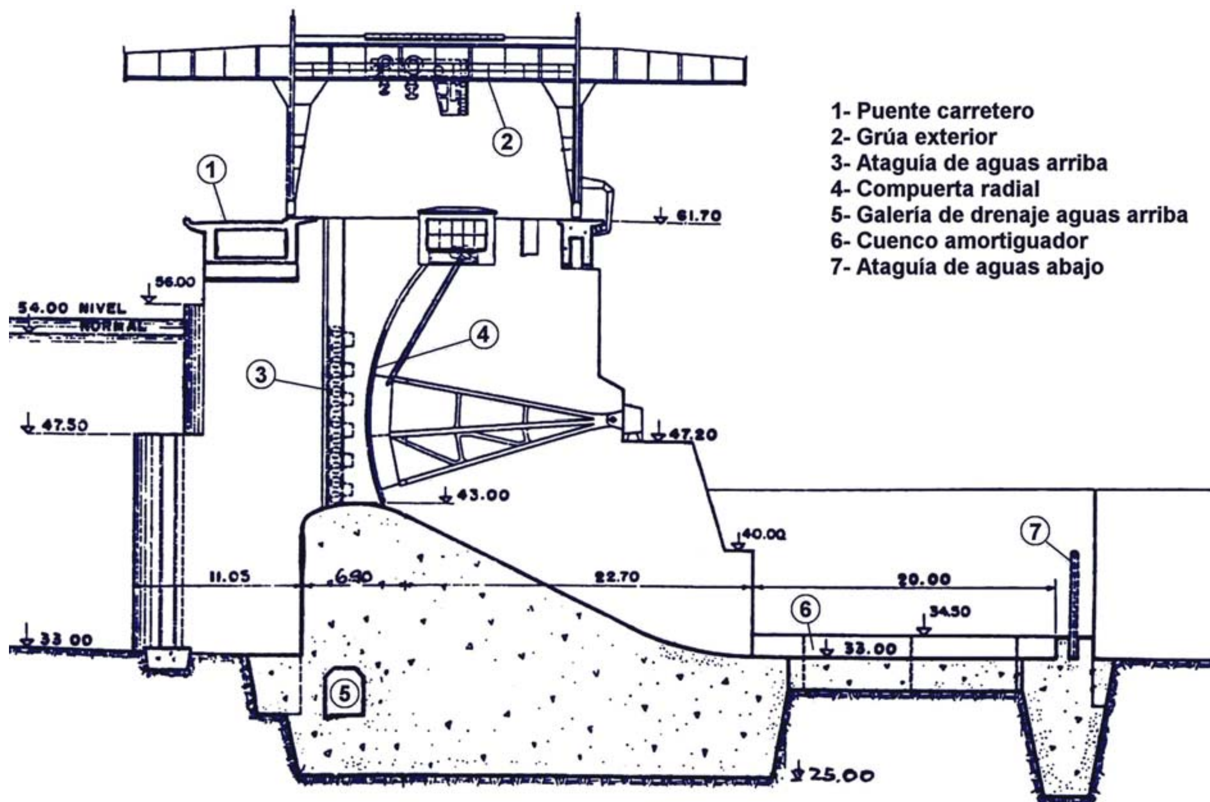
Dimensiones de la clapeta:

- Altura: .... 3 m
- Luz: .... 12 m

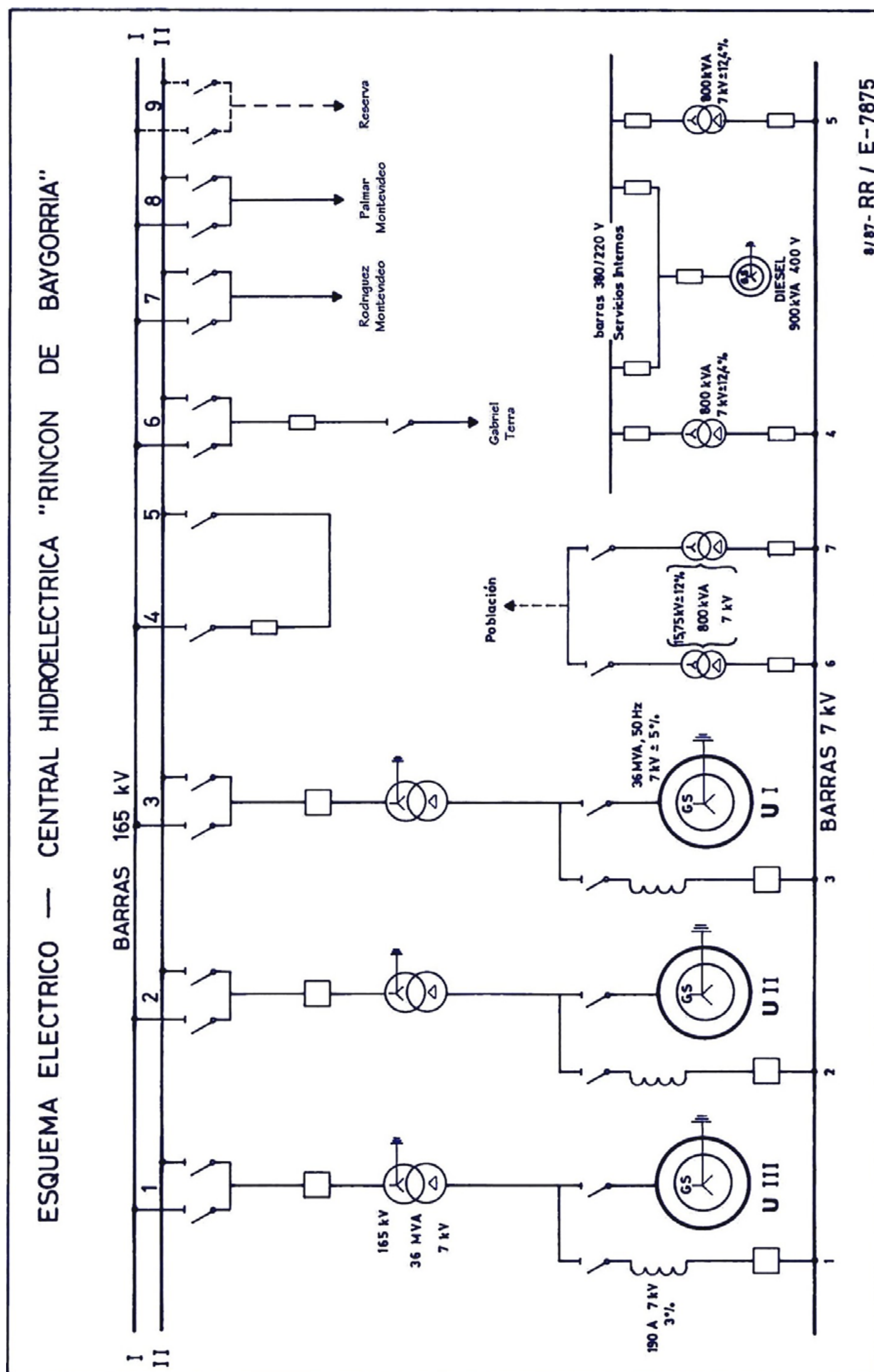
Cierre de servicio aguas arriba:

- Tipo: .... ataguía de troncos
- N° elementos/vano: 6
- Peso cierre/vano: .... 84 t

Descarga máxima de agua: .... 10.000 m^3/s



III.10 - Esquema Eléctrico



IV - PRESA Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA

“CONSTITUCIÓN”



IV - PRESA Y CENTRAL HIDROELÉCTRICA "CONSTITUCIÓN"

IV.1 - Datos generales

Reserva del embalse calculada entre niveles 40,00 y 36,00 m
en días de caudal medio: .... 16 días

Precipitación media anual: .... 1.170 mm

Salto neto: .... 27,15 m

Caudal nominal por máquina: .... 457,6 m^3/s

Potencia total alternadores: .... 333 MW

Proyectista: .... ENGEVIX

Constructor: .... Mendes Junior SA

Años de construcción: .... 1977 - 1982

Puesta en servicio:
- Grupo I: 21/10/82
- Grupo II: 27/08/82
- Grupo III: 19/11/82

IV.2 - Obra civil

Tipo: .... PG - presa de gravedad
.... TE - dique de tierra
Cimentación: .... roca
Altura desde la cimentación: .... 66 m
Cota de coronación: .... 45,5 m

Margen izquierda:
- Dique de tierra y roca - longitud: .... 380 m

Area de servicio - longitud: .... 50,5 m
Casa de máquinas - longitud: .... 84,7 m
Aliviadero - longitud: .... 152 m

Margen derecha:
- Dique de tierra y roca - longitud: .... 1.400 m

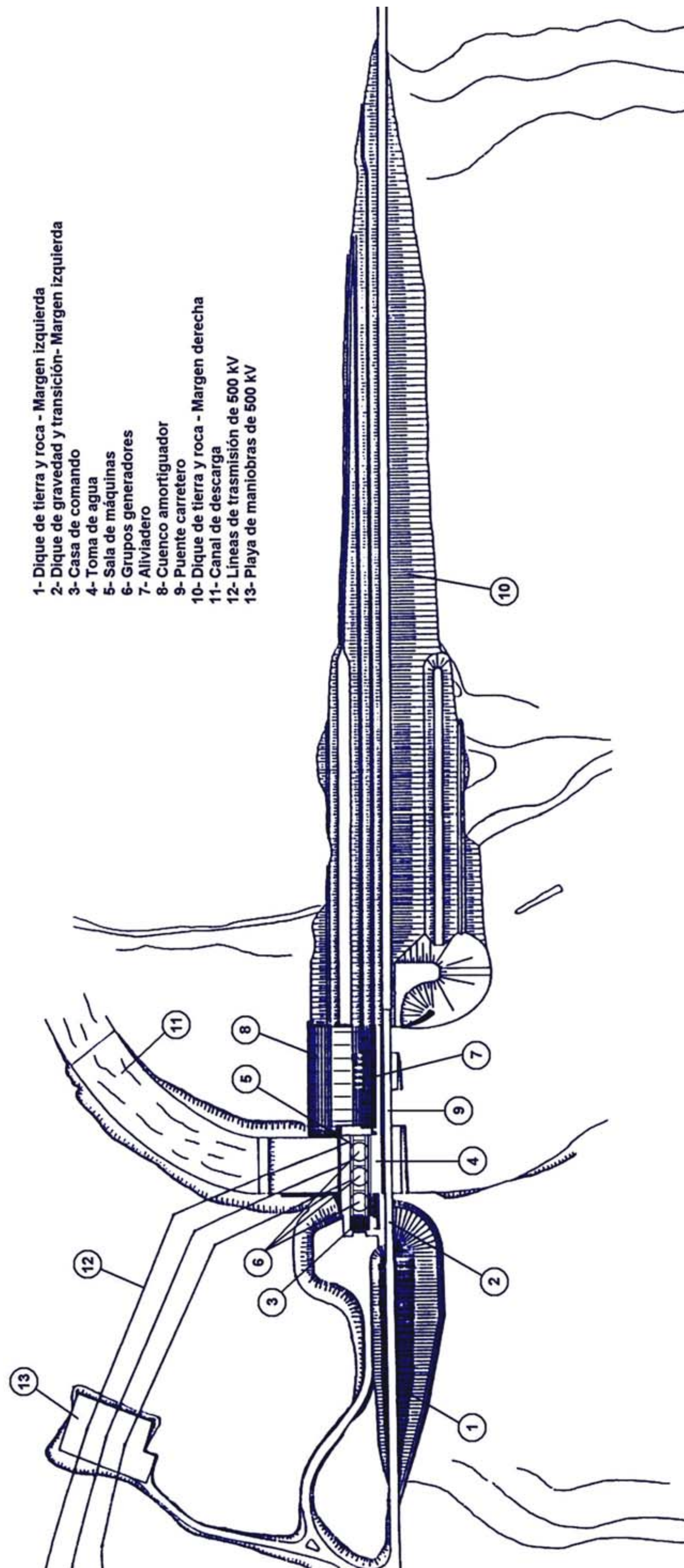
Longitud total: .... 2.067,2 m

Volumen de hormigón: .... 481.000 m^3
Volumen de relleno: .... 4.420.000 m^3

IV.3 - Auscultación de la Obra Civil

Instrumentación geotécnica: .... cantidad de instrumentos
- Drenes de fundación: 214
- Vertedero de medición: 1
- Extensómetros: 17
- Medidores de asentamiento: 10
- Medidores de nivel de agua: 33
- Piezómetros Casagrande de macizo: 52
- Piezómetros Casagrande de fundación: 14
- Péndulos: 2
- Piezómetros hidráulicos: 21
- Piezómetros neumáticos: 57
- Piezómetros múltiples: 52
- Triortogonales: 27

Instrumentación geodésica: .... número de puntos de referencia
- Dique de tierra: 35
- Galerías de Toma de agua y Casa de máquinas: 53
- Galería Vertederos: 111
- Sala de máquinas: 49


1- Dique de tierra y roca - Margen izquierda
2- Dique de gravedad y transición- Margen izquierda
3- Casa de comando
4- Toma de agua
5- Sala de máquinas
6- Grupos generadores
7- Aliviadero
8- Cuenco amortiguador
9- Puente carretero
10- Dique de tierra y roca - Margen derecha
11- Canal de descarga
12- Líneas de trasmisión de 500 kV
13- Playa de maniobras de 500 kV
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

IV.4 - Casa de Máquinas, Cierres y Grúas

Casa de máquinas

Grupos: .... cantidad 3

Potencia máxima / grupo (salto 27,15 m): .... 111 MW

Caudal nominal: .... 457,6 m^3/s

Salto nominal: .... 27,15 m

Velocidad de rotación: .... 88,2 min^{-1}

Velocidad máxima admisible de embalamiento: .... 231 min^{-1}

Cierres

Compuerta de toma:
- Tipo: .... vagón
- N° vanos/unidad: 3
- N° elementos/vano: 1
- Peso cierre/vano: .... 90 t

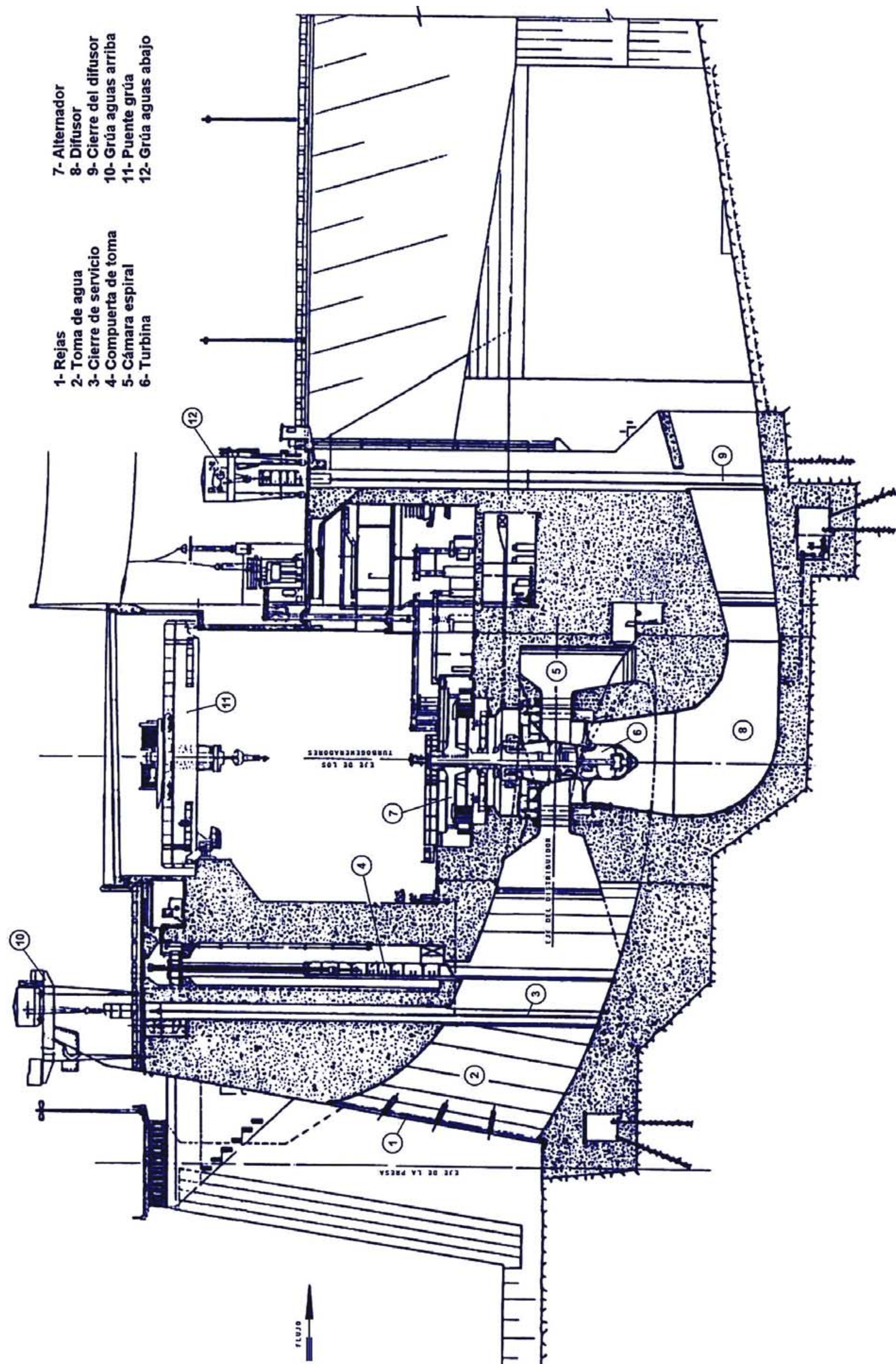
Cierre de servicio de la toma de agua:
- Tipo: .... ataguía de troncos
- N° vanos/grupo: 3
- N° elementos/vano: 5
- Peso del cierre/vano: .... 73,7 t

Cierre del tubo de aspiración:
- Tipo: .... ataguía de troncos
- N° vanos/grupo: 2
- N° elementos/vano: 2
- Peso cierre/vano: .... 64,9 t

Grúas

Pórtico para manipulación y maniobra de los elementos de cierre:
- Aguas arriba:
  Cantidad: 1
  Capacidad: .... 40 t
- Aguas abajo:
  Cantidad: 1
  Capacidad: .... 40 t

Puente grúa de casa de máquinas:
- Cantidad: 2
- Capacidad: .... 15 y 250 t


1- Rejas
2- Toma de agua
3- Cierre de servicio
4- Compuerta de toma
5- Cámara espiral
6- Turbina
7- Alternador
8- Difusor
9- Cierre del difusor
10- Grúa aguas arriba
11- Puente grúa
12- Grúa aguas abajo

IV.5 - Alternador

Tipo: .... ATI - W68 - 111

Fabricante: .... G.E.B.S.A.

Potencia nominal: .... 111 MVA

Factor de potencia. 0,9

Tensión nominal entre fases: .... 15 kV

Corriente nominal: .... 4.275 A

Frecuencia nominal: .... 50 Hz

Número de revoluciones: .... 88,24 min^{-1}

Número de polos: 68

Rendimiento (111 MVA - cos Φ = 1): .... 98,6 %

Velocidad máxima admisible de embalamiento: .... 231 min^{-1}

Aislaciones rotor: .... clase B

Aislaciones estator: .... clase F

Estator:
- Diámetro interior: .... 10.884 mm
- Altura núcleo: .... 1.727 mm

Eje del rotor:
- Material: .... acero ASTM A 275-76
- Peso: .... 47,2 t
- Longitud: .... 1.316 mm

Peso del rotor: .... 435 t

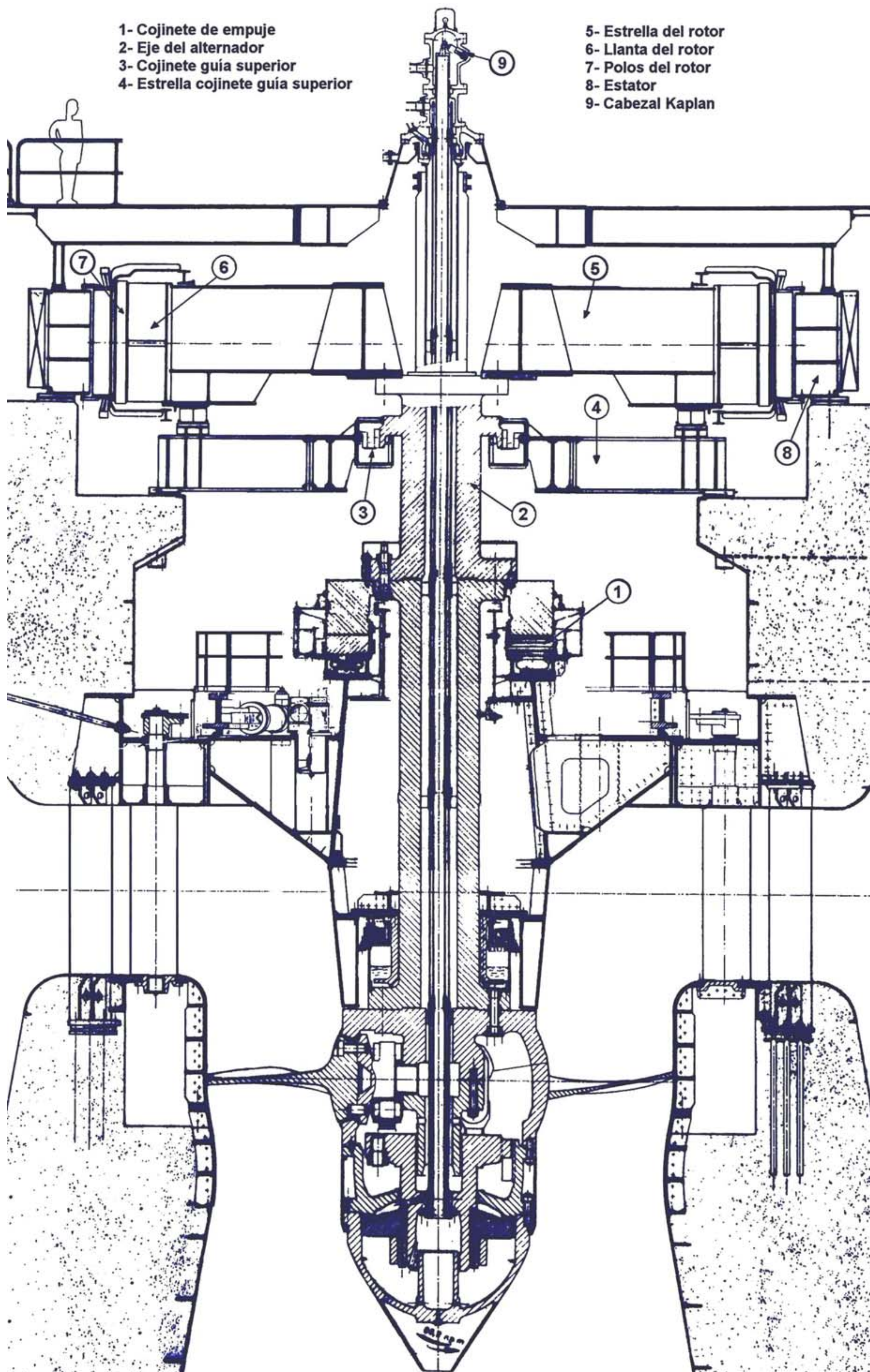
Diámetro del rotor: .... 10.846 mm

Entrehierro: .... 19 mm

Cojinete de empuje:
- Material: .... metal antifricción y acero forjado
- Tipo: .... segmentos sobre cojines hidrostáticos y anillo móvil monobloque
- Fabricante: .... NEYRPIC

Sistema de excitación:
- Tipo: .... estática
- Fabricante: .... General Eléctric

Regulación de tensión:
- Tipo: .... electrónico
- Fabricante: .... General Eléctric


1- Cojinete de empuje
2- Eje del alternador
3- Cojinete guía superior
4- Estrella cojinete guía superior
5- Estrella del rotor
6- Llanta del rotor
7- Polos del rotor
8- Estator
9- Cabezal Kaplan

IV.6 - Turbina

Tipo: .... Kaplan

Fabricante: .... NEYRPIC

Punto de rendimiento máximo (ensayo en modelo):
- Salto: .... 28,75 m
- Potencia: .... 86.330 kW
- Rendimiento: .... 94,87 %

Rodete:
- Diámetro: .... 7.591 mm
- Peso: .... 219 t
- Cubo:
  Material: .... acero inoxidable
- Alabes:
  Número: 5
  Material: .... acero inoxidable ZO5CN1604M
  Peso: .... 9,6 t

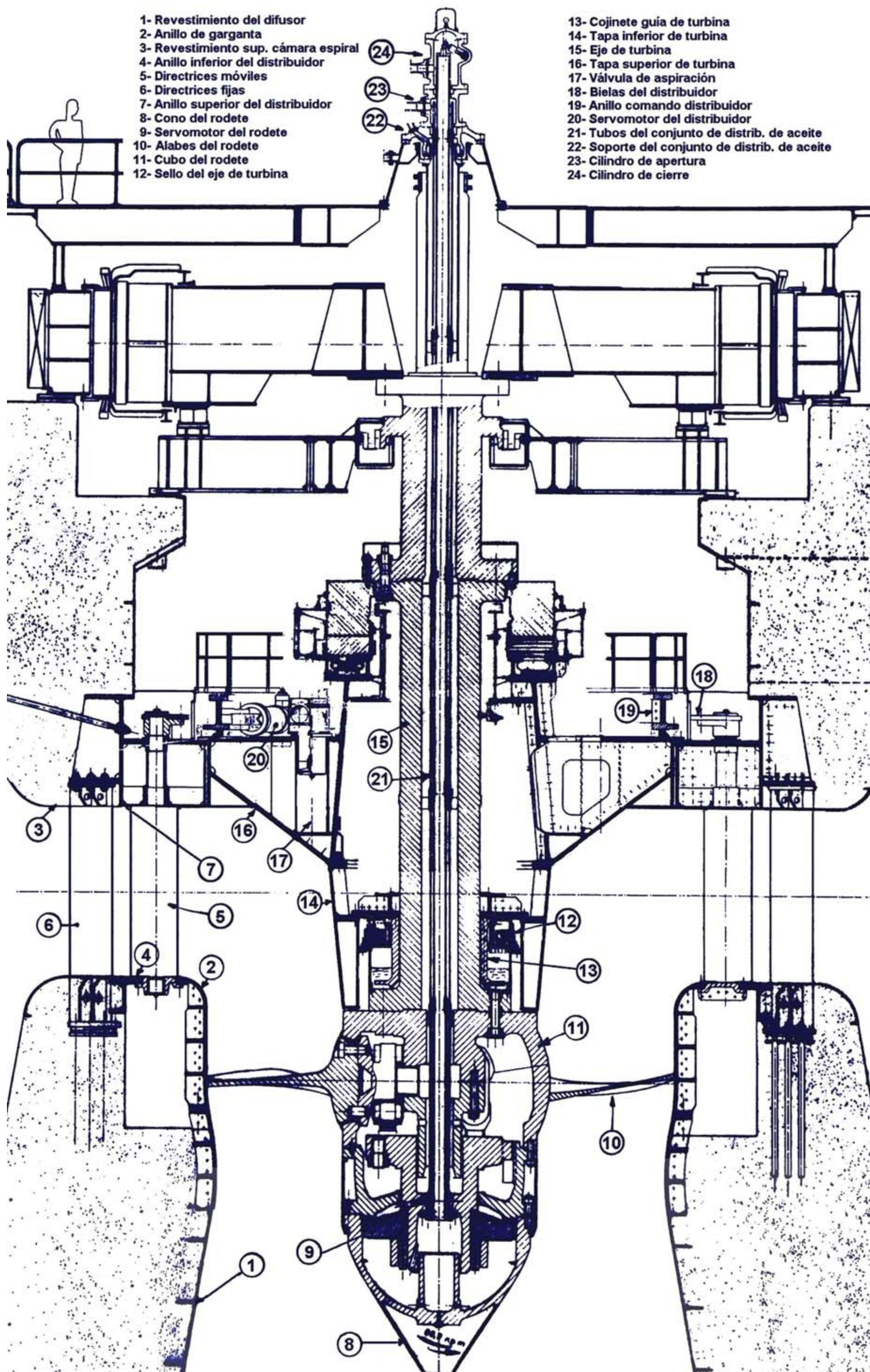
Sello del eje de turbina:
- Sello: .... mecánico de carbón
- Fabricante: .... NEYRPIC

Distribuidor:
- Diámetro: .... 9.270 mm
- Anillo inferior:
  Material: .... acero forjado
- Directrices móviles:
  Número: 24
  Material: .... acero forjado
  Altura: .... 2.786 mm

Predistribuidor:
- Directrices fijas:
  Número: 13
  Material: .... acero forjado

Eje de turbina:
- Material: .... acero forjado
- Peso: .... 68 t
- Longitud: .... 6.996 mm

Sistema de regulación de velocidad:
- Tipo: .... P.I.D. electrónico-hidráulico
- Fabricante: .... NEYRPIC
- Presión del circuito oleo-hidráulico: .... 4,5 MPa
- Capacidad de aceite: .... 25.500 lts


1- Revestimiento del difusor
2- Anillo de garganta
3- Revestimiento sup. cámara espiral
4- Anillo inferior del distribuidor
5- Directrices móviles
6- Directrices fijas
7- Anillo superior del distribuidor
8- Cono del rodete
9- Servomotor del rodete
10- Alabes del rodete
11- Cubo del rodete
12- Sello del eje de turbina
13- Cojinete guía de turbina
14- Tapa inferior de turbina
15- Eje de turbina
16- Tapa superior de turbina
17- Válvula de aspiración
18- Bielas del distribuidor
19- Anillo comando distribuidor
20- Servomotor del distribuidor
21- Tubos del conjunto de distrib. de aceite
22- Soporte del conjunto de distrib. de aceite
23- Cilindro de apertura
24- Cilindro de cierre

IV.7 - Interruptor de Máquina

Marca: .... Merlin Gerin

Tipo: .... Hexafloruro de azufre

Tensión nominal: .... 500 kV

Corriente de servicio continuo: .... 3.150 A

Poder de corte en cortocircuito: .... 50 kA

IV.8 - Transformador

Marca: .... ABB

Año de fabricación: 1980

Tipo : .... Monofásico

Grupo de conexión: YNd11

Potencia nominal: .... 3*37 MW

Relación de transformación: .... 500/15 kV

Variación de la relación: .... +/-2*2,5 %

Tensión de cortocircuito: .... 12 %

Refrigeración: .... OFAF

IV.9 - Aliviadero

Longitud: .... 152 m

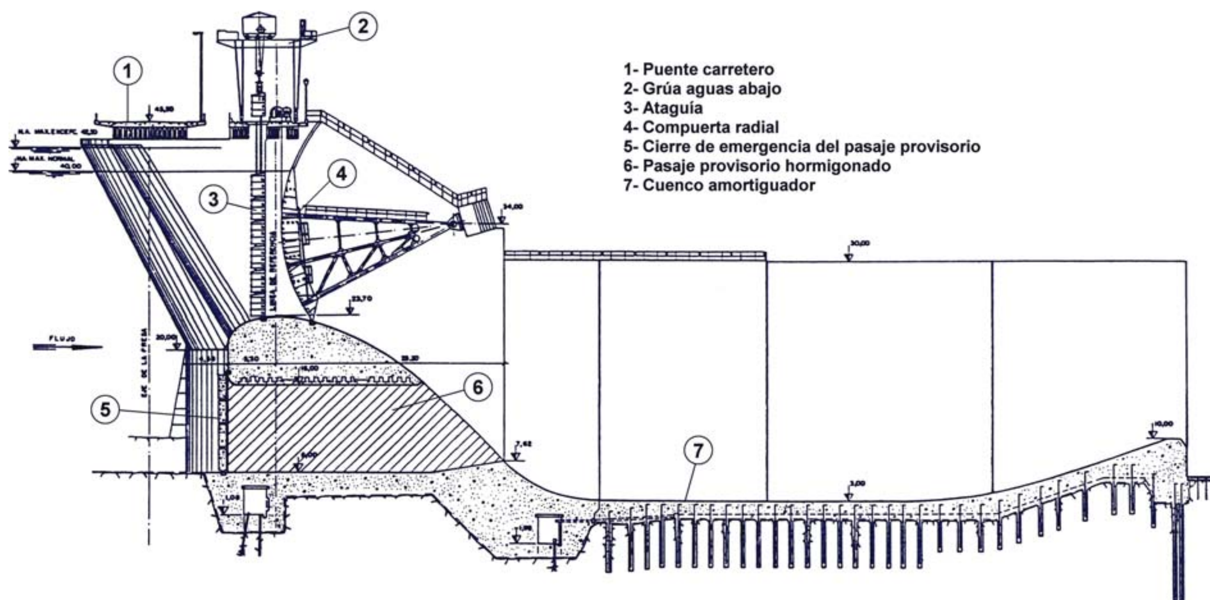
Número de vanos: 8

Tipo de cierre: .... compuerta radial

Dimensiones del tablero:
- Altura: .... 17,3 m
- Luz: .... 14 m

Descarga máxima de agua: .... 19.000 m^3/s

Cierre de servicio aguas arriba (ataguía):
- Tipo: .... deslizante
- N° elementos/vano: 7
- Dimensiones: .... 2,7*14,7 m



IV.10 - Esquema Eléctrico

